

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **03-067103**

(43)Date of publication of application : **22.03.1991**

(51)Int.Cl.

G01B 11/00
H01L 21/027

(21)Application number : **01-203053**

(71)Applicant : **CANON INC**

(22)Date of filing : **04.08.1989**

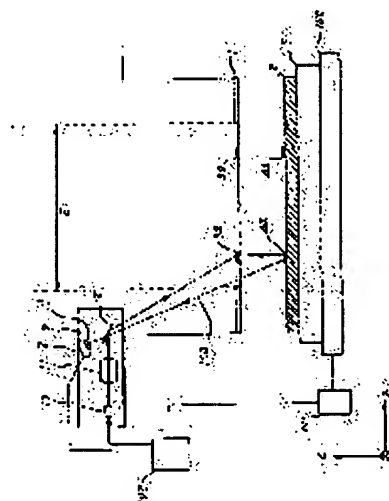
(72)Inventor : **MATSUGI MASAKAZU
SAITO KENJI**

(54) DEVICE AND METHOD FOR DETECTING POSITION

(57)Abstract:

PURPOSE: To allow position detection with high accuracy by detecting the relative positions of 1st and 2nd objects by the respective results of the detection at least at the two wavelengths by detecting means.

CONSTITUTION: The alignment pattern on a mask 1 surface is constituted of a grating lens 3a having a prescribed focal length and the luminous flux for alignment made incident diagonally on the mask 1 surface from an alignment head 6 is deflected in the normal direction of the mask 1 surface and is condensed to a prescribed position. The alignment pattern on a wafer 2 is the grating lens 4a of the pattern asymmetrical with the Z-axis and guides the convergent light transmitted through and diffracted by the lens 3a toward the head 6. The alignment luminous flux 10a receives the lens effect of the lens 4a at this time and is made incident on the detector 8 in the head 6. A command signal is sent to a stage driver 101 in order to move an X-Y stage 100 so as to register the mask 1 and the wafer 2 in accordance with the output of the detector 8 in a CPU 102.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-67103

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)3月22日

G 01 B 11/00
H 01 L 21/027

G 7625-2F

2104-5F H 01 L 21/30 3 1 1 H

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全14頁)

⑮ 発明の名称 位置検出装置及び方法

⑯ 特 願 平1-203053

⑰ 出 願 平1(1989)8月4日

⑱ 発 明 者 真 継 優 和 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
⑲ 発 明 者 斉 藤 謙 治 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
⑳ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
㉑ 代 理 人 弁理士 丸島 儀一 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

位置検出装置及び方法

2. 特許請求の範囲

(1) レンズ作用を有する第一物理光学素子を設けた第一物体とレンズ作用を有する第二物理光学素子を設けた第二物体との相対位置を検出する装置で、第一物理光学素子に複数の波長の光を各波長同時あるいは順次に照射する光源手段、前記光源手段によって照射され前記第一物理光学素子によって集光あるいは発散されかつ前記第二物理光学手段によって集光あるいは発散された前記複数の波長の光を検出する検出手段、を有し、前記検出手段による少なくとも二つの波長におけるそれぞれの検出結果によって第一物体と第二物体との相対位置を検出することを特徴とする位置検出装置。

(2) 第一物体と第二物体との相対位置を検出する方法で、第一物体にレンズ作用を有する第一物理光学素子を、第二物体にレンズ作用を有する

第二物理光学素子をそれぞれ設け、前記第一物理光学素子に複数の波長の光を各波長同時あるいは順次に照射し、前記第一物理光学素子によって集光あるいは発散されかつ前記第二物理光学素子によって集光あるいは発散された前記複数の波長の光を検出し、少なくとも二つの波長におけるそれぞれの検出の結果に基づいて前記第一および第二物体の相対位置を検出することを特徴とする位置検出方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は位置検出装置及び方法、例えば半導体露光装置のマスクあるいはレチクル(以下マスクと総称)とウエハ間位置合わせなどに適用可能な高精度位置検出に関するものである。

(従来の技術)

従来より半導体製造用の露光装置においては、マスクとウエハの相対的な位置合わせは性能向上を図る為の重要な一要素となっている。特に最近の露光装置における位置合わせにおいては、半導体

素子の高集積化の為に、例えばサブミクロン以下の位置合わせ精度を有するものが要求されている。

多くの位置合わせ装置においては、マスク及びウエハ面上に位置合わせ用の所謂アライメントパターンを設け、それらより得られる位置情報を利用して、双方のアライメントを行っている。このときのアライメント方法としては、例えば双方のアライメントパターンのずれ量を画像処理を行うことにより検出したり、又は米国特許第4037969号や第4514858号、特開昭56-157033号公報で提案されているようにアライメントパターンとしてゾーンプレートを用い該ゾーンプレートに光束を照射し、このときゾーンプレートから射出した光束の所定面上における集光点位置を検出すること等により行っている。

一般にゾーンプレートを利用したアライメント方法は、単なるアライメントパターンを用いた方法に比べてアライメントパターンの欠損に影響されずに比較的高精度のアライメントが出来る特長がある。

クアライメントパターン68aよりその一部の光束が回折し、集光点78近傍にマスク位置を示す集光点78aを形成する。又、その他の一部の光束はマスク68を0次透過光として透過し、波面を変えずにウエハ60面上のウエハアライメントパターン60aに入射する。このとき光束はウエハアライメントパターン60aにより回折された後、再びマスク68を0次透過光として透過し、集光点78近傍に集光しウエハ位置をあらわす集光点78bを形成する。同図においてウエハ60により回折された光束が集光点を形成する際には、マスク68は単なる素通し状態としての作用をする。

このようにした形成されたウエハアライメントパターン60aによる集光点78bの位置は、ウエハ60のマスク68に対するずれ量 $\Delta\sigma$ に応じて集光点78を含む光軸と直交する平面に沿って該ずれ量 $\Delta\sigma$ に対応した量のずれ量 $\Delta\sigma'$ として形成される。
〔発明が解決しようとしている問題点〕

このような方法においては、マスク面や半導体露光装置内のマスクホルダー面等の基準面、そし

第9図はゾーンプレートを利用した従来の位置合わせ装置の概略図である。

同図において光源72から射出した平行光束はハーフミラー74を通過後、集光レンズ76で集光点78に集光された後、マスク68面上のマスクアライメントパターン68a及び支持台62に載置したウエハ60面上のウエハアライメントパターン60aを照射する。これらのアライメントパターン68a、60aは反射型のゾーンプレートより構成され、各々集光点78を含む光軸と直交する平面上に集光点を形成する。このときの平面上に集光点位置のずれ量を集光レンズ76とレンズ80により検出面82上に導光して検出している。

そして検出器82からの出力信号に基づいて制御回路84により駆動回路64を駆動させてマスク68をウエハ60の相対的な位置決めを行っている。

第10図は第9図に示したマスクアライメントパターン68aとウエハアライメントパターン60aからの光束の結像関係を示した説明図である。

同図において集光点78から発散した光束はマス

て露光装置の接地面等に対してウエハ面が傾斜しているとセンサ上に入射する光束の重心位置が変化し、アライメント誤差となってくる。

第11図はウエハ60が θ 傾いている場合の検出面127面上の光束の重心位置の変動を示し、今、同図のようにマスクを通過したアライメント光束がウエハ60に入射するとする。

このとき、ウエハのアライメントマーク60のある場所では角度 θ だけ平均的に面が傾いているとすれば、検出面127上での光束重心位置は $P\theta$ となり、傾きがなかった場合の集光点 P より、 $\Delta\delta\theta$ だけ移動したことになる。これを式で表わせば $\Delta\delta\theta = bw \cdot \tan 2\theta$ となる。

今、

$$\begin{cases} \theta \approx 10^{-4} \text{ rad} \\ \text{(マークのサイズ } 100 \mu\text{mで } 100 \text{ \AA の変化)} \\ bw = 18.7 \text{ mm} \end{cases}$$

とすれば

$$\Delta\delta\theta = 18.7 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-4} = 3.74 \mu\text{m}$$

となる。

即ち、 $3.74\ \mu\text{m}$ の位置ずれ誤差となり、マスクとウエハをこれ以上の精度で位置合わせをすることが出来なくなる。

本発明は上述従来例の欠点に鑑み、ウエハ面傾きの影響を受けない正確な相対位置検出を可能にする位置検出装置及び方法を提供する事を目的とする。

(問題点を解決するための手段及び作用)

本発明は第一物体に複数の波長の光束あるいは波長の異なる多光束を照射し、第一物体と第二物体の両方で集光あるいは発散された前記多波長光束、あるいは波長の異なる多光束を検出して、少なくとも二つの波長におけるそれぞれの検出結果から第一物体と第二物体との相対位置を検出する様にしている。

本発明の後述する実施例によればウエハ面傾きの影響を受けないだけでなく、光束照射手段や検出器の位置変動の影響も受けない。他の作用は後述する実施例の説明の中で明らかになるであろう。

2とを位置合わせする様にXYステージ100を移動させる為、ステージドライバー101に指令信号を送っている。

XYステージ100は又ウエハ4をZ方向の所定位置に動かしてマスクとウエハとをギャップ設定し、マスク1とウエハ2は所定の範囲^②ギャップ値で保持される。

尚、XYステージ100はピエゾ駆動の精密ウエハステージとステッピングモータ駆動の粗ウエハステージとを含み、ステージドライバー101は、このピエゾとステッピングモータとを含み、CPU102はウエハを微小移動させる時にはピエゾに、比較的大きな距離移動させる時にはステッピングモータに指令信号を送っている。

本実施例では発振波長域の可変な光源10、例えば半導体レーザから出射された光束を投光レンズ系11で略平行光束とし、ハーフミラー12を介し、第1物体であるマスク1上のフレネルゾーンプレートの一様であるグレーティングレンズから成る第1物理光学素子3aを斜方向から照射している。

(実施例)

第1図は本発明の第1実施例の位置検出装置を用いた半導体素子製造用の露光装置の概略図である。図中1はマスク、2はウエハ、3a、4aはそれぞれマスク1、ウエハ2上に形成されたフレネルゾーンプレート(グレーティングレンズ)から成る第1及び第2物理光学素子である。5は例えばウエハチャックであり、ウエハ1を吸着している。6はアライメントヘッドであり、アライメント用の各種の要素を収納している。Eはマスク上の回路パターンをウエハ上へ転写する為の露光領域である。露光領域Eの図面上側に不図示の露光用光源がある。8はCCDラインセンサ等の検出器、9は検出器8の検出面、10は発振波長域の可変な、例えば半導体レーザである光源、11はコリメータ用の投光レンズ系、12はハーフミラーである。

100はXYステージであり、ウエハチャック5に吸着されたウエハをXY方向に移動させている。101はステージドライバーであり、102はCPUであり、検出器8の出力に基づき、マスク1とウエハ

第1物理光学素子3aは集光あるいは発散作用を有しており、透過光を第1物体1としてのマスク面の法線方向(-Z方向)に射出させ、第1物理光学素子3aから所定の距離離れた第2物体2としての、ウエハ2面上に設けられているグレーティングレンズより成る第2物理光学素子4aに入射させている。第2物理光学素子4aは集光あるいは発散作用を有しており、光束をアライメントヘッド6方向に射出させハーフミラー12を介した後、検出器8の検出面9上に集光している。マスク上照射領域は第1物理光学素子3aの大きさより大きくしておき、第1物理光学素子3aの位置がマスクの設置誤差で多少ずれても出射する光束の状態が変化しない様にしている。

以下、便宜上第1物理光学素子3aをマスクのグレーティングレンズ、第2物理光学素子4aをウエハのグレーティングレンズと呼ぶ。

このように本実施例ではマスク1面上のアライメントパターンを所定の焦点距離をもったグレーティングレンズより構成し、アライメントヘッド6か

らマスク1面に斜入射したアライメント用の光束をマスク1面の法線方向(-Z方向)に偏向し、所定の位置(例えば $Z = +276.0 \mu\text{m}$)に集光させている。

本実施例においてマスク1面上に斜入射させる角度 α は

$$10 < \alpha < 80 \quad (\text{deg})$$

程度が好ましい。

又、ウエハ2上のアライメントパターン4aはZ軸に関して非対称なパターンのグレーティングレンズで、例えば焦点距離 $278.78 \mu\text{m}$ となるように設計され、マスク1面上のグレーティングレンズを透過、回折した収束(発散)光をアライメントヘッド方向に導光している。

このときのアライメント光束10aはグレーティングレンズのレンズ作用を受けアライメントヘッド6内の受光器8に入射する。第1の実施例ではパターンの存在するスクライブラインの長手方向(y方向)にアライメントする。

ここで装置に固定されているマスク1に対し、ウ

エハ2がy方向に位置変動を起こした場合、マスクとウエハのグレーティングレンズ3a、4aはレンズ光学系内でレンズ同士が軸ずれを起こしたのと同じ状態になり、出射光束の出射角が変動する。この為、受光面9上の光束入射位置はマスクとウエハとのy方向相対ずれ量に応じた量だけ受光面9上でy方向に移動する。ここでは検出器8がCCDライセンサで、その検出面9上の素子配列方向はy方向に一致する。マスク1とウエハ2との相対ずれ量がそれ程大きくない範囲ではスポットのy方向の移動量はマスクとウエハとのy方向相対ずれ量に比例する。

今、マスクとウエハとがy方向に $\Delta\sigma$ ずれており、ウエハ2からマスクのグレーティングレンズ3aで集光(あるいは発散)されてウエハに入射する光束の集光点位置(あるいは発散原点位置)までの距離をa、ウエハ2から検出面9までの距離をbとすると、受光面9上での光束の重心ずれ量 $\Delta\delta$ は

$$\Delta\delta = \Delta\sigma \times \left(\frac{b}{a} + 1 \right) \quad \dots (a)$$

と、焦点距離fとのあいだに、

$$\sqrt{r_m^2 + f^2} - f = m\lambda$$

の関係が成り立ち、これよりfは

$$f = \frac{r_m^2 - (m\lambda)^2}{2m\lambda}$$

アライメント光束の波長が $\Delta\lambda$ 変化したとすると焦点距離fは、

$$\begin{aligned} \Delta f &= - \frac{\Delta\lambda}{2m\lambda^2} (r_m^2 - (m\lambda)^2) \\ &= - \frac{\Delta\lambda}{\lambda} f \end{aligned}$$

で表わされる Δf 変化する。

このとき光束重心ずれ量の位置ずれ量に対する倍率は、

$$\begin{aligned} \Delta A &= \frac{-b\Delta f}{(f+g)^2} \\ &= \frac{bf}{(f+g)^2} \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \\ &= \frac{f}{f+g} \cdot \frac{1}{\lambda} (A-1) \Delta\lambda \end{aligned}$$

となる。即ち重心ずれ量 $\Delta\delta$ は $(b/a+1)$ 倍に拡大される。 $A = (b/a+1)$ は光束重心ずれの位置ずれ量に対する倍率となる。ただし、この時の光束の波長は λ とする。

例えば、 $a = 0.5\text{mm}$ 、 $b = 50\text{mm}$ とすれば重心ずれ量 $\Delta\delta$ は(a)式より101倍に拡大される。ここで光束の重心とは、光束検出面内において、検出面内各点のこの点からの位置ベクトルにその点の光強度を乗算したものを断面全面で積分した時に積分値が0ベクトルになる点のことである。

ここで、波長 λ におけるマスク1のグレーティングレンズ3aの焦点距離をf、マスク1、ウエハ2間の間隔をgとおくと、

$$a = f + g$$

となり、従って波長 λ における光束重心ずれ量の位置ずれ量に対する倍率Aは

$$A = \frac{b}{f+g} + 1$$

である。次に、光源の波長を λ 、グレーティングレンズの輪帯の半径を r_m (mは輪帯番号)とする

で表わされる ΔA だけ変化し、 $A + \Delta A$ の倍率となる。

例えば $A = 101$ 、波長 λ における焦点距離 $f = 0.187 \text{ mm}$ 、 $g = 0.03 \text{ mm}$ とすれば、

$$\Delta A = 0.86 \frac{\Delta \lambda}{\lambda} (A - 1)$$

また、 $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 0.1$ とすると、 $\Delta A = 8.6$ となる。

従って、マスク1とウエハ2が所定の位置ずれ量 $\Delta \sigma$ のときに光源の波長を、例えば10%変調、または選択的にシフトすることにより検出面9上での光束の重心位置は、

$$\Delta \delta' = \Delta A \cdot \Delta \sigma \quad \dots (b)$$

$$\begin{aligned} & \left(= \frac{f}{f+g} \cdot \frac{1}{x} (A-1) \cdot \Delta \lambda \cdot \Delta \sigma \right) \\ & = 8.6 \Delta \sigma \end{aligned}$$

で表わされる $\Delta \delta'$ だけ移動する。

従ってマスク1とウエハ2とが y 方向に位置ずれのない状態、即ち $\Delta \sigma = 0$ の時に、波長が変化しても検出面9上での光束の重心位置が変動しない(即

量 $\Delta \sigma$ に対する前述波長変更時の光束重心位置移動量 $\Delta \delta'$ の関係式、即ち (b) 式を予め求めておき、位置検出時に光源から所定の2波長の光束を順次出射させてそれぞれの波長における光束重心位置を検出器8で検出して光束重心位置移動量 $\Delta \delta'$ を求め、この $\Delta \delta'$ の値から (b) 式を用いて双方の物体間の位置ずれ量 $\Delta \sigma$ を求め、そのときの位置ずれ量 $\Delta \sigma$ に相当する量だけ第1物体若しくは第2物体を移動させる。

第2の方法としては、位置検出時に光源から所定の2波長の光束を順次出射させて受光器8で得られた光束重心位置から $\Delta \delta'$ と位置ずれ量 $\Delta \sigma$ を打ち消す方向を検出し、その方向に $\Delta \delta'$ に見合った所定量だけ第1物体若しくは第2物体を移動させ、移動が終わればその時点で再び所定の2波長の光束を順次出射させて $\Delta \sigma$ が許容範囲になるまで上述の検出、移動を繰り返して行う。

以上のCPUの位置合わせ手順を、それぞれ第2図(1)、(2)に示す。

上述実施例のようにする事で検出面上にアライ

ち $\Delta \delta' = 0$ となる)様にマスク及びウエハのグレーティングレンズを設計しておけば、 $\Delta \delta'$ はマスクとウエハとのずれ量に比例する事になる。よって、あらかじめ λ 、 $\Delta \lambda$ 、 g の値を設定し、 f 、 A の値を求めて、 ΔA の値を算出しておく事により、 $\Delta \delta'$ の値を検出器8の検出結果より求め (b) 式に代入して簡単にマスク、ウエハずれ $\Delta \sigma$ を検出できる。又この時、波長を $\Delta \lambda$ だけ変動させた時の光束重心位置移動方向はマスク、ウエハの y 方向のずれ方向、すなわち $\Delta \delta'$ の正負に対応しており、あらかじめこの対応関係を求めておけば、波長変動時の光束重心位置移動方向からずれ方向も検出する事ができる。

ここで $\Delta \sigma = 0$ の時の $\Delta \delta'$ は必ずしも0でなくてもよく、 $\Delta \sigma = 0$ の時の $\Delta \delta'$ の絶対値及び波長変動時の光束重心位置移動方向をあらかじめ求めておけば、位置ずれ検出時の $\Delta \delta'$ の値と $\Delta \sigma = 0$ の時の $\Delta \delta'$ の値の差分を (b) 式に代入してマスク、ウエハずれ量を求める事ができる。位置合わせ第1の方法としてはマスク、ウエハ間の位置ずれ

メント光束の重心位置検出のための基準点、すなわち $\Delta \sigma = 0$ のときの受光面上の光束重心位置を求めておく必要がなく、光源の波長を変調または選択的にシフトすることにより、被測定物体間の相対位置ずれ量を簡単に検出することができる。

また、ウエハ2が傾いた場合、この傾きによる検出面上での光束重心位置移動量分は光源の波長を変化させても変化しないので、 $\Delta \delta'$ には変化はない。これは光束照射手段や検出手段に位置の変化があっても同様である。従って $\Delta \delta'$ を検出することによりウエハの傾き、光束照射手段や検出器の位置変化の影響を受けない検出ができる。

本実施例では光源として半導体レーザを用い、注入電流を制御することにより、発振波長を変調した。

この結果、1つの光束の重心位置の変動を検出するだけで、相対位置ずれ量の絶対値を検出することができ、波長の異なる2光束を別光源から発生させる場合の2光束間の相対位置ずれ等を問題にせずにする。

このようにして求めた位置ずれ量 $\Delta\sigma$ をもとに第2物体であるウエハを移動させれば第1物体と第2物体の位置決めを高精度に行うことができる。

~~尚、本実施例において位置合わせを行う手順としては、例えば次の方法を採用することができる。~~

以上のようにアライメント光束10aはマスク1上のグレーティングレンズ3aで透過回折され、ウエハ2上のグレーティングレンズ4aで反射回折されることによって、マスクとウエハ上のグレーティングレンズの間の光軸のずれが波長に依存する所定の倍率で n 倍にグレーティングレンズ系で拡大されて、アライメントヘッド6内の受光面9に入射する。そして受光器8によりその光束の重心位置を検出している。

ここで、グレーティングレンズの焦点距離は露光時のマスクとウエハ間のギャップ及び所定波長での位置ずれ $\Delta\sigma$ に対する光束重心位置ずれ $\Delta\delta$ の倍率を考慮して設定される。

例えば所定波長においてマスク、ウエハ間の位置ずれ量を、100倍に拡大して受光面9上で光束の

を使うかで決まる。

同図において、例えばマスク1上のグレーティングレンズ3aの口径 $300\mu\text{m}$ 、ウエハ2上のグレーティングレンズ4aの口径は $280\mu\text{m}$ とし、マスクとウエハ間の位置ずれ(軸ずれ)を100倍に拡大して検出面9上で光束の重心が移動を起こし、この結果受光面9上の光束の径(エアリディスク e^{-2} 径)が $200\mu\text{m}$ 程度となるように配置及び各要素の焦点距離を決めた。

次に本実施例におけるマスク用のグレーティングレンズ3aとウエハ用のグレーティングレンズ4aの光学的形状について説明する。

まず、マスク用のグレーティングレンズ3aは所定のビーム径の平行光束が所定の角度で入射し、所定の位置に集光するように設定される。一般にグレーティングレンズのパターンは光源(物点)と像点、それぞれに可干渉光源を置いたときのレンズ面における干渉縞パターンとなる。

ここに原点はスクライブライン幅の中央にあり、スクライブライン方向に x 軸、幅方向に y 軸、マス

重心位置を検知する露光ギャップを $30\mu\text{m}$ のプロキシミティ露光システムを考える。

今、アライメント光束の波長を半導体レーザーからの光束として $0.83\mu\text{m}$ とする。このときアライメント光束がアライメントヘッド6内の投光レンズ系11を通して平行光束となり、ウエハ2、そしてマスク1を順次通る場合の2枚のグレーティングレンズより成るグレーティングレンズ系を通過する。このときの系の屈折力配置の模式図を第3図、第4図に示す。尚、この図ではウエハのグレーティングレンズ4aを反射と等価な透過型のグレーティングレンズに置換した系として示す。

第3図はウエハ2上のグレーティングレンズ4aが正の屈折力、マスク1上のグレーティングレンズ3aが負の屈折力の場合、第4図はウエハ2上のグレーティングレンズ4aが負の屈折力、マスク1上のグレーティングレンズ3aが正の屈折力の場合である。

尚、ここで負の屈折力、正の屈折力はマイナスの次数の回折光を使うか、プラスの次数の回折光

ク面の法線方向に z 軸をとる。マスク面の法線に対し α の角度で入射し、その射影成分がスクライブライン方向と直交する平行光束がグレーティングレンズ3aを透過回折後、集光点 (x_1, y_1, z_1) の位置で結像するようなグレーティングレンズの曲線群の方程式は、グレーティングの輪郭位置を x, y で表わすと、

$$y \sin \alpha + P_1(x, y) - P_2 = m\lambda/2 \quad \dots (1)$$

$$P_1(x, y) = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + z_1^2}$$

$$P_2 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}$$

で与えられるここに λ はアライメント光束の使用波長域の中心波長、 m は整数である。

主光線を角度 α で入射し、マスク面上の原点を通り、集光点 (x_1, y_1, z_1) に達する光線とすると(1)式の右边は m の値によって主光線に対して波長の $m/2$ 倍光路長が長い(短い)ことを示し、左辺は主光線の光路に対し、マスク上の点 $(x, y, 0)$ を通り点 (x_1, y_1, z_1) に到達する光線の光路の長さの差を表わす。

一方、ウエハ上のグレーティングレンズ4aは所

定の点光源から出た球面波を所定の位置（検出面上）に集光させるように設定される。点光源の位置はマスクとウエハの露光時のギャップを g とおくと $(x_1, y_1, z_1 - g)$ で表わされる。マスクとウエハの位置合わせは y 軸方向に行われるとし、アライメント完了時に検出面上の点 (x_2, y_2, z_2) の位置にアライメント光束が集光するものとすれば、ウエハ上のグレーティングレンズの曲線群の方程式は先に定めた座標系で

$$\begin{aligned} & \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + z_2^2} \\ & - \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z_1+g)^2} \\ & = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} - \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} + m\lambda/2 \\ & \dots (2) \end{aligned}$$

と表わされる。

(2)式はウエハ面が $z = -g$ にあり、主光束がマスク面上の原点及びウエハ面上の点 $(0, 0, -g)$ 、更に検出面上の点 (x_2, y_2, z_2) を通る光線であるとして、ウエハ面上グレーティング $(x, y, -g)$ を通る光線と主光束との光路長の差が半波長の整数倍となる条件を満たす方程式である。

ズ4a、同図(B)にマスク面上のグレーティングレンズ3aの一実施例のパターンを示す。

次に第1図(A)に示す実施例において具体的にマスクとウエハ間に所定の位置ずれ量を与えた場合について説明する。

まずアライメント光源としての半導体レーザー（波長830nm）から出射した光束は投光レンズ系11を通して半値幅600 μ mの平行光束となりアライメントヘッド6からマスク1面の法線に対して17.5度で入射する。

マスク面上のスクライブラインには幅60 μ m、長さ280 μ mのグレーティングレンズ3aが、又、ウエハ面上のスクライブラインには同じサイズのグレーティングレンズ4aが設定されている。マスクとウエハの相対的位置ずれは、微小変位量をピエゾ駆動の精密ウエハステージで、又、比較的大きい変位量はステッピングモータ駆動のウエハ用の粗ステージによって与えている。又、変位量は副長機（分解能0.001 μ m）を用い、管理温度23 \pm 0.5 $^{\circ}$ Cの恒温チャンパー中で測定した。又、ア

一般にマスク用のゾーンプレート（グレーティングレンズ）は、光線の透過する領域（透明部）と光線の透過しない領域（遮光部）の2つの領域が交互に形成される0.1の振幅型のグレーティング素子として作成される。又、ウエハ用のゾーンプレートは例えば矩形断面の位相格子パターンとして作成される。(1)、(2)式において主光線に対して半波長の整数倍の位置で、グレーティングの輪郭を規定したことは、マスク上のグレーティングレンズ3aでは透明部と遮光部の線幅の比が1:1であること、そしてウエハ上のグレーティングレンズ4aでは矩形格子のラインとスペースの比が1:1であることを意味する。

マスク上のグレーティングレンズ3aは例えばポリイミド製の有機薄膜上に予めEB露光で形成したレチクルのグレーティングレンズパターンを転写して形成、又はウエハ上のグレーティングレンズはマスク上にウエハの露光パターンを形成したのち露光転写して形成している。

第5図(A)にウエハ面上のグレーティングレン

ズ4a、同図(B)にマスク面上のグレーティングレンズ3aの一実施例のパターンを示す。

次に第1図(A)に示す実施例において具体的にマスクとウエハ間に所定の位置ずれ量を与えた場合について説明する。

まずアライメント光源としての半導体レーザー（波長830nm）から出射した光束は投光レンズ系11を通して半値幅600 μ mの平行光束となりアライメントヘッド6からマスク1面の法線に対して17.5度で入射する。

マスク面上のスクライブラインには幅60 μ m、長さ280 μ mのグレーティングレンズ3aが、又、ウエハ面上のスクライブラインには同じサイズのグレーティングレンズ4aが設定されている。マスクとウエハの相対的位置ずれは、微小変位量をピエゾ駆動の精密ウエハステージで、又、比較的大きい変位量はステッピングモータ駆動のウエハ用の粗ステージによって与えている。又、変位量は副長機（分解能0.001 μ m）を用い、管理温度23 \pm 0.5 $^{\circ}$ Cの恒温チャンパー中で測定した。又、ア

ことになる。

位置ずれ量 $0.0 \mu\text{m}$ となる時のセンサ上光束重心位置は不明であるから、アライメントヘッド内半導体レーザー注入電流を 50mA 変化させることにより、発振中心波長を 830nm から 838nm に

変化させた。このとき波長変調率は $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 9.6 \times 10^{-3}$ 。

従って横ずれ検出倍率変動幅 ΔA は 0.82 となり、ラインセンサ上光量重心移動量は $2.48 \mu\text{m}$ となる。

またマスク、ウエハ間の位置ずれ量が $7.0 \mu\text{m}$ のとき、同じ波長変調率でセンサ上光量重心移動量は $5.74 \mu\text{m}$ となる。

このように光源の波長変調率が一定であるとして、発振波長の変調前後でのセンサ上光量重心位置の移動量 $\Delta\delta'$ から、マスク、ウエハ間相対位置ずれ量 $\Delta\sigma$ は、下式のように求められる。

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta\delta'}{\Delta A} \quad (\text{本実施例では } \Delta A = 0.82)$$

第6図は実際にマスクとウエハ間に所定量の位置ずれを与えたときのアライメント用のラインセン

ハ間の位置ずれ量を計測制御することができる。

本発明による第2の実施例を適用した半導体露光装置の要部斜視図を第7図に示す。第1図と同一部材は同一符号で示してある。主な構成要素は第1実施例と同じであるが、本実施例ではアライメントヘッド内に光源として発振中心波長の異なる2つの半導体レーザー10-1、10-2を設けた。半導体レーザー10-1、10-2からの光束はハーフミラー12aにより出射した時に主光線が重なる様に光路調整されている。

CPU102は前述の実施例で説明した波長変更の際に点灯する半導体レーザーを切り換える、即ち交互に点灯させる事により照射用光束の波長変更を(図5参照)実行している。これはそれぞれの半導体レーザーの前にシャッタを設け、交互にシャッタを開閉する様に制御しても良い。

半導体レーザー10-1の中心波長は 830nm 、半導体レーザー10-2の中心波長は 780nm で、グレーティングレンズの設計方程式は波長が 805nm のアライメント光に適用すると仮定して、パラメー

サで検出した重心位置の変化を示す。第6図から明らかなようにマスクとウエハ間の位置ずれ量に対し、検出された重心位置はグレーティングレンズ系の倍率を比例定数とする線形関係をもつ。但し、線形性は位置ずれ量が一定値 ($20 \mu\text{m}$) 以上になると成り立たなくなり、非線形性が現われてくる。

これはマスク及びウエハ上のグレーティングレンズ間の軸ずれ量が大きくなるに従い、光束の波面収差が顕著になり、センサ上のスポット形状に非対称性が現われた為である。

この波面収差はグレーティングレンズのNAが大きいほど顕在化する。従って一定の面積にグレーティングレンズを設定する際はなるべくNAを小さくすることが望ましい。

本実施例における位置合わせ装置においては、位置ずれの分解能が $0.002 \mu\text{m}$ 、位置ずれ測定レンジ $\pm 20 \mu\text{m}$ (線形領域) を得ている。

本実施例はマスク面上に光束を斜め入射させ、更に斜め受光光路を設定している為、アライメントヘッド6が露光領域Eに入り込まずにマスクとウエ

ハの設定を行った。このとき波長変調率は $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 6.2 \times 10^{-3}$ 。

マスク1のグレーティングレンズ3aの焦点距離f、マスク、ウエハ間隔gは第1実施例と同じとし、波長 805nm の光束に対し、グレーティングレンズ系の位置ずれ検出倍率Aが100になろうとすると、倍率変動幅 ΔA は 5.33 となる。

本発明に係る第3の実施例を適用した半導体露光装置の要部斜視図を第8図に示す。本実施例では光源として、白色光源10'を用い、波長選択手段として回折格子13およびスリット板14をアライメントヘッド6内に設定している。回折格子13は入射光束に対し、その入射角を変化させる事により各波長毎に回折光の出射角が変動する。回折光を受光可能な所定位置にスリット・ピンホール等を設けたスリット板14を配置し、回折格子13を入射角が変化する様に回転させる事によってスリット板14を通過する光束の波長を変化させる事ができる。従ってCPU102は前述の実施例で説明した

波長変更の際に、回折格子13を所定の角度回転させる事によって照射用光束の波長変更を実行している。

本実施例のように、コヒーレンシーの低い光源を用いることにより、ウエハ2面上のレジスト表面粗をマスク、ウエハ上のアライメントマークのエッジからの散乱光等の要因により発生する受光面9上のスペックルなどの不要光を抑えることができる。

尚、波長選択手段としては、回折格子を用いる事に限定されることなく、例えばプリズムなどを用いてよい。又、波長選択手段は光源10'のすぐ後ではなく、検出器8の検出面9の直前に配置し、白色光をグレーティングレンズ3a, 4aに照射し、回折された光束を波長選択手段によって検出した波長のみ検出面9上に入射させる様に制御してもよい。この場合スリット板14はマスク、ウエハいづれによって光束の出射角が変動しても、マスクとウエハとが所定の位置ずれ範囲内にあれば、検出用の波長の光が遮光されない様にスリットの大

きさを設定しておく。

本発明による第4の実施例を第12図に示す。

本実施例は前記実施例と同様、半導体露光装置のマスク(レチクル)、ウエハ間の位置合わせ装置であり、ウエハ上には所定膜厚のレジストがスピコートされている。

本実施例ではアライメント用光束の波長をレジストの膜厚、分光反射率に基づいて選択し、センサ面上に集光する光束の強度レベルが常に一定以上に保たれるようにしている。

本実施例ではレジスト膜厚によってきまる分光反射率の計測を位置ずれ量計制御に先立って光学手段によって行う。

分光反射率計測用光学手段としては、位置ずれ計測用光ヘッド6と露光装置本体に取り付けられたセンサ13、ミラー14から成る系を用い、マスク1を露光エリアEにマウントする前(マウント後でも良い)にヘッド6内光源10より、ウエハ2面に光束10aを投射し、ウエハ面からの反射光10bのセンサ13上強度を測定して行う。

光源10は複数の発振波長の異なるレーザまたは発振波長の制御可能な可変波長レーザ(半導体レーザ、色素レーザなど)、または準単色なスーパーluminescentダイオード(SLD)或は白色光源と波長選択手段(プリズムまたは回折格子)から成る光学手段で構成されており、選択可能な波長域で波長をスキャンしてレジストが塗布されたウエハ面からの分光反射率を測定し、該測定データに基づき位置ずれ計測時に選択する少なくとも2つの波長を決定する。

波長選択の方法としては、第12図に示す系においては光束投射角 α とマスク面上マーク3aから回折して、ウエハ2面上に到達する信号光束10a'の入射角 α' に基づいて以下のように決める。

一般に屈折率 n_0 の基板上に形成された膜厚 l 屈折率 n の膜厚に角度 θ で入射した強度 I 、波長 λ の光線の反射強度 I_n は多重反射を考慮して次式で与えられる。

$$I_r = \frac{4R \sin(\delta/2)}{(1-R)^2 + 4R \sin^2(\delta/2)}$$

$$\delta = \frac{4\pi n l \cos \theta}{\lambda}$$

$$R = r r'$$

ここに r は薄膜と基板との界面での振幅反射率、 r' は薄膜と接する大気などとの第2の界面での振幅反射率を表わす。

I_r は δ が $\delta = \frac{1}{2}(2m-1)\pi$ (m : 整数)となるとき最大となるから、

$$\frac{4\pi n l \cos \theta}{\lambda} = \frac{1}{2}(2m-1)\pi$$

を満たすと多重反射を考慮した反射率は極大になる。

いま入射角度 θ に対応する反射率極大を与える波長を $\lambda(\theta)$ とおくと、

$$\lambda(\theta) \text{ は } \lambda(\theta) = \frac{4n l \cos \theta}{2m-1} \text{ となる。}$$

従って他の入射角度 θ' に対応する反射率極大

を与える波長 $\lambda(\theta')$ は $\lambda(\theta)$ を用いて

$$\lambda(\theta') = \frac{\cos \theta'}{\cos \theta} \lambda(\theta) \quad \dots (3)$$

で与えられる。一般には反射率が極大値に対して所定の割合となるような波長の入射角 θ 依存性も(3)式で与えられる。

従って、予め入射角度 α' で分光反射特性を測定しておけば、(3)式に基づいて反射率が極大値に対して所定の割合となる波長を求めることができる。

また反射率が極大に対して何%となる波長を選択するかは任意に設定可能であり、光源の選択可能な波長域を考慮して決定すればよい。

尚、レジスト膜厚に応じたセンサ上での信号光束の分光強度特性を光ヘッド6とマスク1およびウエハ2から成る位置ずれ計測光学系において測定してもよい。

尚、前実施例と同様、本実施例では2つの異なる波長の光束をマスク、ウエハ上に形成されたグレーティングレンズ投射して波長による位置ずれ検出

感度の違いを利用して位置ずれ量の計測を行うが、その原理及び信号処理等は既に説明したとおりである。

(発明の効果)

以上説明した様に、本発明によればウエハ等の第2物体に傾きが生じたり、光束照射手段や検出器に位置変化が生じても、誤差を生じない高精度な位置検出が可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による第1実施例の概略図、

第2図は本発明の位置合わせ制御手順の実施例を示すフローチャート図、

第3図、第4図はグレーティングレンズ屈折力配置説明図、

第5図はアライメントマークパターンの一例の図、

第6図は本発明の位置ずれ検出特性を示すグラフ、

第7図は本発明による第2の実施例の概略図、

第8図は本発明による第3の実施例の概略図、

第9図、第10図、第11図は従来例の説明図、

第12図は本発明による第4実施例の概略図であ

る。

図中、1：マスク、2：ウエハ 3a、4a：グレーティングレンズ 8：検出器、9：検出面、10：光源
102：CPUである。

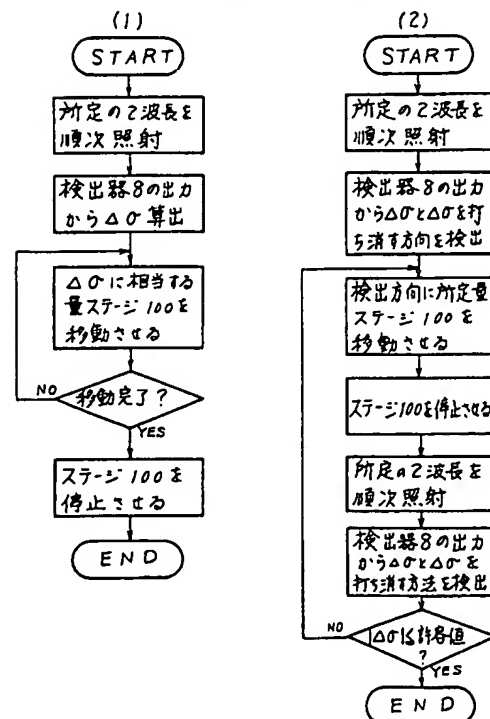
出願人 キヤノン株式会社

代理人 丸 島 盛

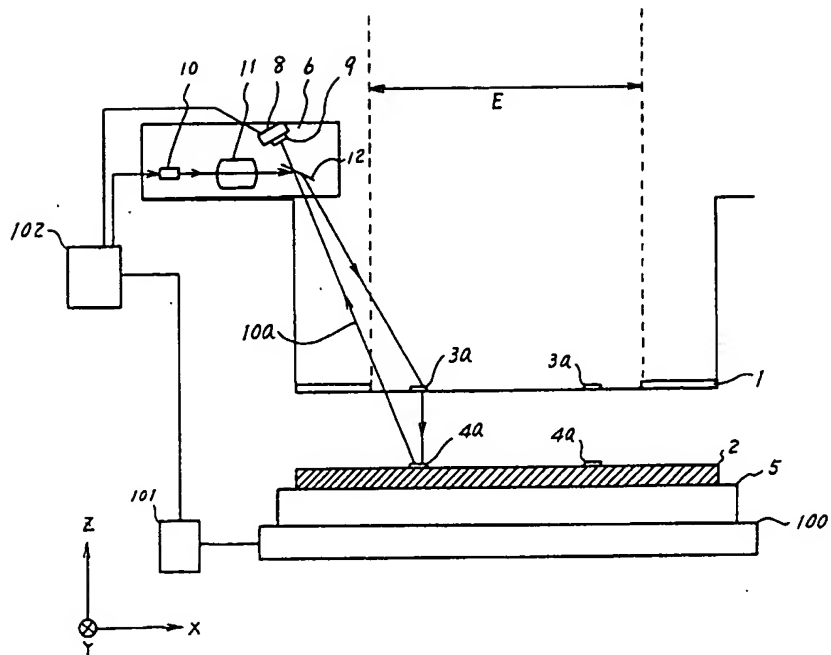
西 山 恵 三



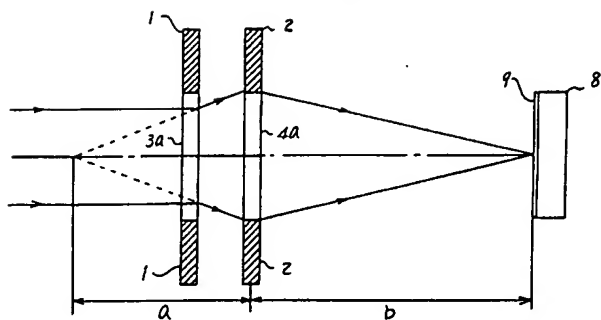
第2図



第 1 図



第 3 図

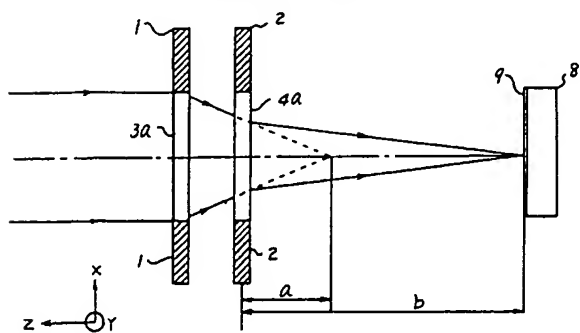


第 5 図

(A)



第 4 図

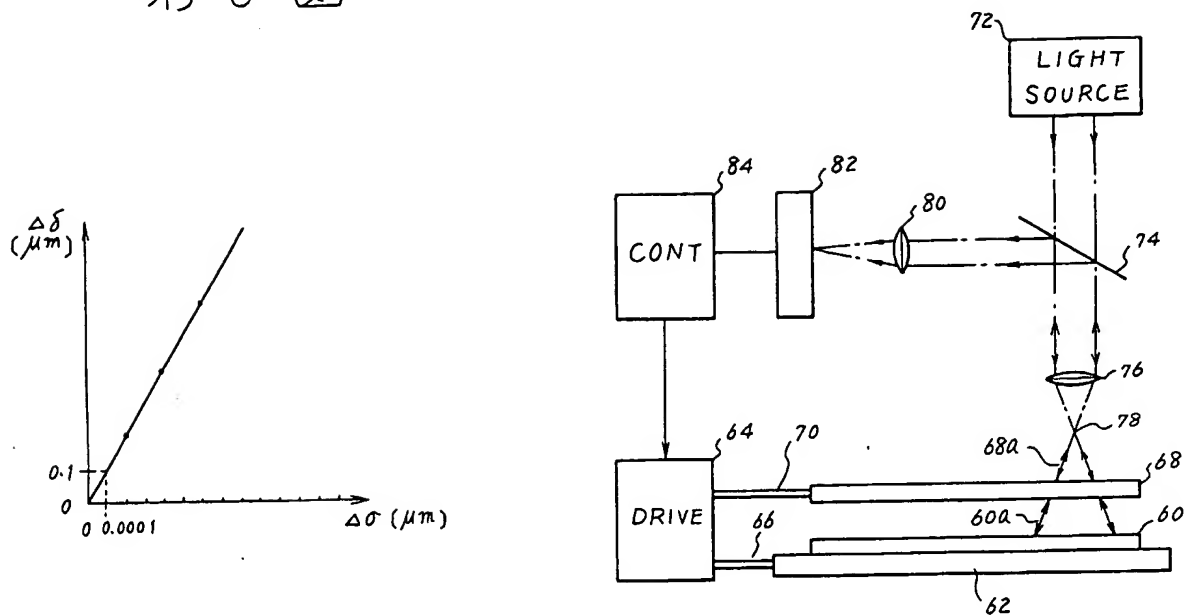


(B)

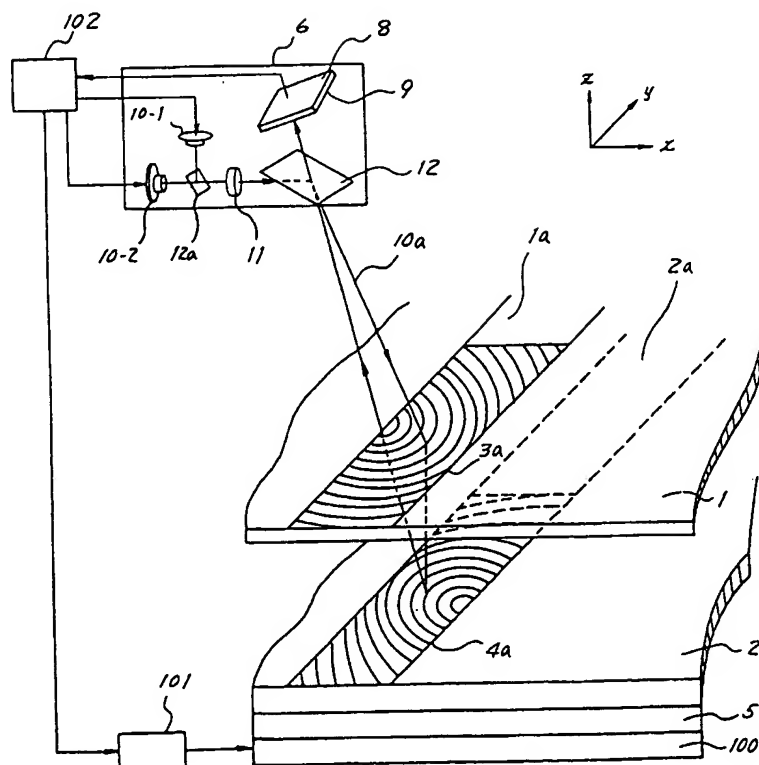


第 9 図

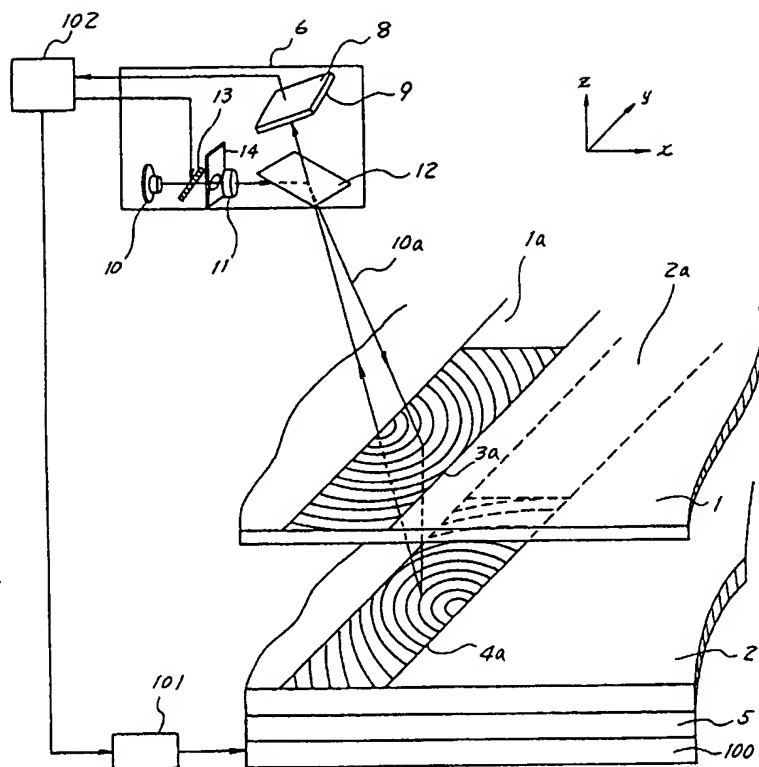
第 6 図



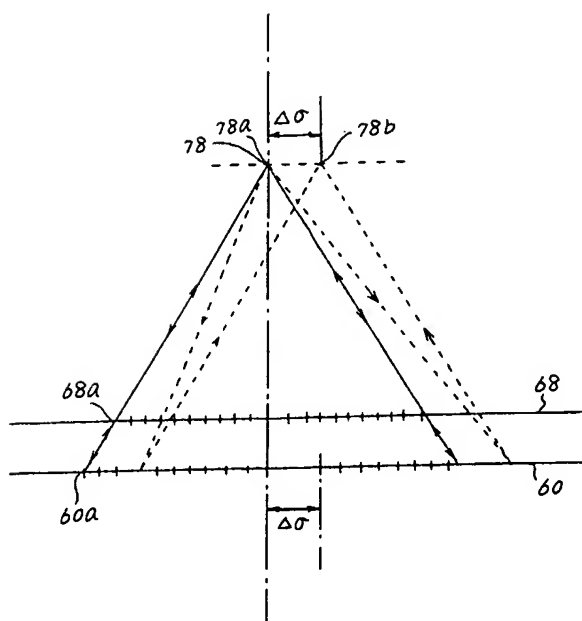
第 7 図



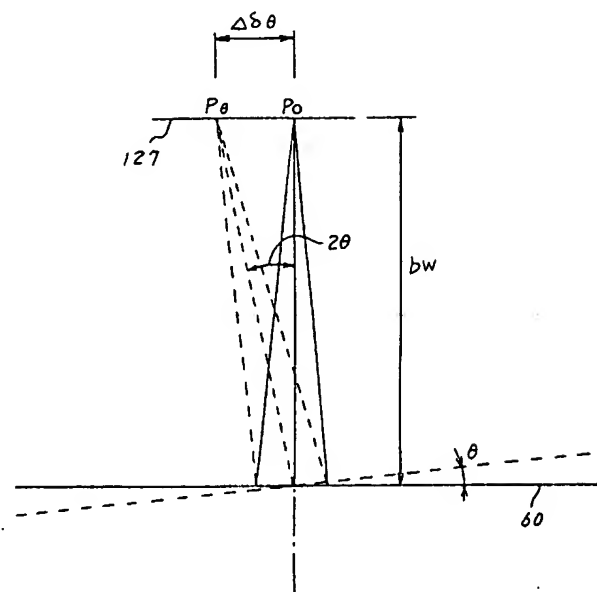
第 8 図



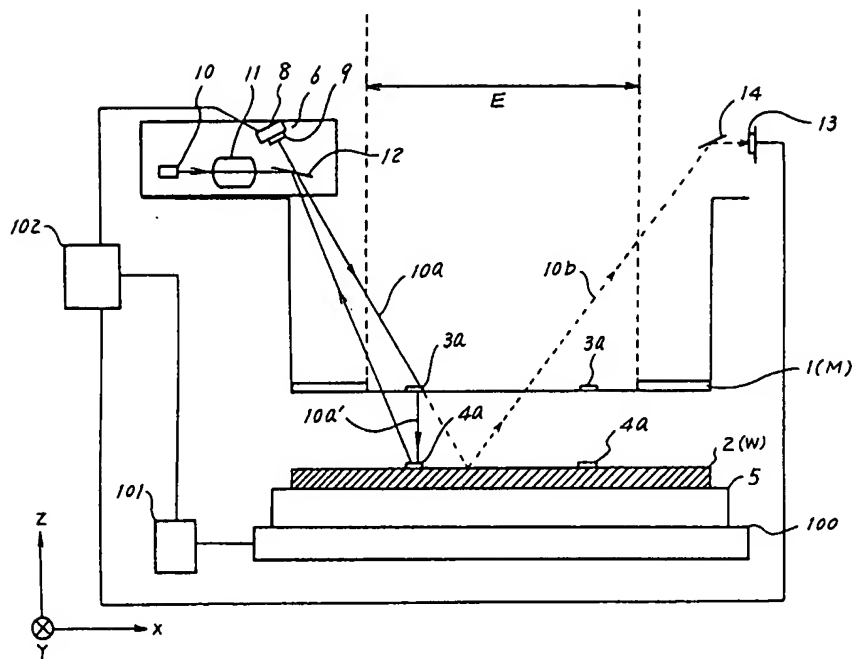
第 10 回



第 11 回



第 12 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.